

Д.В. Ленский, Т.Г. Джугурян, д-р техн. наук, Одесса, Украина

## **НЕПРЯМОЙ КОНТРОЛЬ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ СОВМЕЩЕННОМ РАСТАЧИВАНИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ**

*Запропоновано непрямий контроль граничних станів технологічної системи при суміщеному розточуванні паралельних отворів інструментами одностороннього різання з урахуванням частоти їх обертання.*

*Предложен непрямой контроль предельных состояний технологической системы совмещенного растачивания параллельных отверстий инструментами одностороннего резания с учетом частот их вращения.*

*D.V. LENSKIY, T.G. DZHUGURJAN*

*THE INDIRECT CONTROL OF LIMITING CONDITIONS OF TECHNOLOGICAL SYSTEM AT COMBINED INTERNAL TURNING OF PARALLEL APERTURES*

*The indirect control of technological system limiting conditions of combined boring of parallel holes by one-site cutting tools into account the frequency of their rotation is proposed.*

**Введение.** В корпусных деталях машиностроения часто встречаются прецизионные параллельно расположенные отверстия. Как правило, к таким отверстиям предъявляются высокие требования к точности их взаимного расположения, а именно, к параллельности их осей. Обработка таких отверстий осуществляется на высокоточных обрабатывающих центрах или на специальных отделочно-расточных станках. В процессе растачивания отверстий снимается неравномерный припуск и исправляются погрешности взаимного расположения отверстий, полученные на предыдущих операциях. Необходимость использования специальных станков определяется требованиями точности, производительности обработки, а также геометрическими параметрами обрабатываемых отверстий. В большинстве случаев обработки таких отверстий (особенно с отношением длины отверстий к их диаметрам больше 4) используются высокопроизводительные расточные инструменты одностороннего резания (РИОР), которые позволяют уменьшить влияние технологического наследования предшествующих операций, а также обеспечить наилучшие эксплуатационные показатели детали [1,2].

**Постановка проблемы.** Одним из основных показателей точности параллельно расположенных отверстий является отклонение их осей от параллельности, допустимое значение которой задается разработчиком на этапе проектирования корпусной детали и учитывается при выборе рациональных конструкторско-технологических решений обработки РИОР [1,2]. На ход технологического процесса обработки таких отверстий оказывают влияние различные факторы, действия которых при определенных обстоятельствах

могут привести к появлению бракованной продукции. Поэтому своевременное определение предельных состояний технологической системы (ТС), приводящих к превышению допуска отклонения от параллельности отверстий в процессе их обработки РИОР является важной задачей.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В предыдущих исследованиях рассмотрены технологические схемы обработки, разработаны модели формирования погрешности (увода) оси отверстия в зависимости от условий его обработки РИОР.

Неравномерность припуска на растачивание является одним из основных факторов, влияющих на формирование точности расположения оси отверстия. Установлено, что непрямой контроль предельного неравномерного припуска по точности обработки можно осуществлять на основе измерения амплитуды колебаний тока якоря привода главного движения постоянного тока (АКТП) с частотой, соответствующей частоте вращения инструмента [3]. С целью предотвращения образования бракованных деталей разработаны экспресс оценки обеспечения и поддержания точности обработки отверстий РИОР на основе контроля АКТП и матрицы для идентификации предельных значений неравномерности припуска обрабатываемой заготовки. Вид и предельные значения неравномерности припуска определяются предельными значениями смещения оси отверстия заготовки относительно оси направления РИОР, которые формируются на предварительных операциях обработки отверстия [2,3]. Однако выполненные исследования не могут быть использованы в полной мере для своевременного определения предельных состояний технологической системы (ТС) при совмещенном растачивании параллельных отверстий различных геометрических параметров.

**Постановка задачи.** Целью работы является разработка непрямого контроля предельных состояний ТС при совмещенной обработке РИОР параллельно расположенных точных отверстий.

Для достижения поставленной цели в данной работе потребовалось решить следующие задачи: 1) определить возможность идентификации предельных состояний ТС на основе контроля АКТП при совмещенной обработке параллельных отверстий РИОР с учетом частоты их вращения; 2) разработать критерии для непрямого контроля предельных состояний ТС при прецизионном растачивании параллельно расположенных отверстий.

**Основная часть.** Совмещенное растачивание параллельных отверстий на отделочно-расточном станке (ОРС) осуществляется с использованием шпиндельных узлов с общим приводом главного движения постоянного тока и синхронной ременной передачей, обеспечивающей строго определенные взаимные угловые положения режущих и направляющих элементов РИОР. Экспериментально установлено, что рациональное взаимное расположение режущих элементов, при котором возможно выявлять предельные состояния

ТС, достигается при их установке с одной стороны при их расположении в горизонтальной плоскости (см. рис. 1).

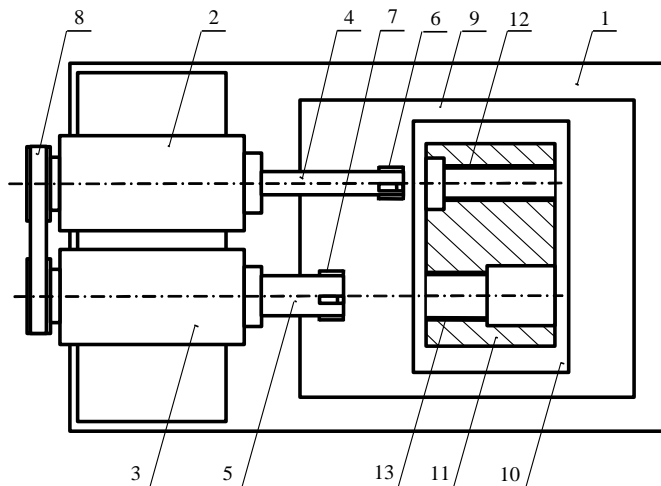


Рисунок 1 – Схема обработки параллельных отверстий на ОРС: 1 – ОРС; 2 и 3 – отделочно-расточные головки; 4 и 5 – РИОР; 6 и 7 – режущие элементы РИОР; 8 – синхронный ремень; 9 – подвижный стол станка; 10 – приспособление станка; 11 – заготовка; 12 и 13 – обрабатываемые отверстия

Частоты вращения РИОР зависят от диаметра обрабатываемого отверстия, материалов заготовки и режущих элементов. Как правило, при одинаковых диаметрах обрабатываемых отверстий частоты вращения РИОР одинаковы (исключения возможны при наличии в корпусе заготовки вставных втулок с обрабатываемыми отверстиями из различных материалов). В остальных случаях частоты вращения РИОР не совпадают. Рассмотрим оба случая, в первом из которых, частоты вращения РИОР совпадают, а во втором – не совпадают.

В случае вращения РИОР с одинаковой частотой контроль АКТП осуществляется с использованием одного частотного фильтра. При этом важно за счет длины РИОР обеспечить одновременное их врезание и выход из обрабатываемых отверстий (это особенно важно при одинаковой длине обрабатываемых отверстий) с тем, чтобы определять АКТП при раздельной и совмещенной обработке отверстий. На рис. 2 представлены зоны допустимых значений АКТП (затемненные участки) при обработке на ОРС двух параллельных отверстий РИОР, которые вращаются с одинаковой частотой.

В момент времени  $\tau_1$  происходит врезание режущего элемента 6 в обрабатываемое первое отверстие 12, для которого определены нижнее  $A'_{\min,1}$  и верхнее  $A'_{\max,1}$  предельные значения АКТП. Указанные предельные значения

АКТП позволяют предохранить инструмент от перегрузки и своевременно выявить недостаточный припуск на обработку.

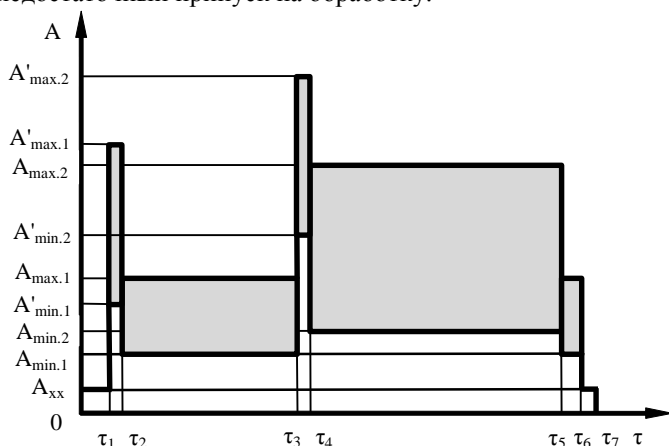


Рисунок 2 – Зоны допустимых значений АКТП при обработке двух параллельных отверстий РИОР, вращающихся с одинаковой частотой

После окончания переходного периода начиная с момента времени  $\tau_2$  осуществляется процесс стабильного растачивания первого отверстия, для которого также определены нижнее  $A_{\min,1}$  и верхнее  $A_{\max,1}$  предельные значения АКТП. В этом случае предельные значения АКТП назначаются из условия обеспечения точности расположения отверстия.

В момент времени  $\tau_3$  происходит врезание режущего элемента 7 в обрабатываемое второе отверстие 13, для которого также определены нижнее  $A'_{\min,2}$  и верхнее  $A'_{\max,2}$  предельные значения АКТП. После окончания переходного периода начиная с момента времени  $\tau_4$  осуществляется процесс стабильного совмещенного растачивания двух отверстий, для которого установлены нижнее  $A_{\min,2}$  и верхнее  $A_{\max,2}$  предельные значения АКТП из условия обеспечения точности. Следует отметить, что значения  $A_{\min,2}$  и  $A_{\max,2}$  определяются взаимным расположением неравномерного припуска на обработку в двух отверстиях. Значение  $A_{\min,2}$  определяет «зеркальное» расположение неравномерного припуска, а значение  $A_{\max,2}$  – расположение неравномерного припуска в одном направлении. В первом случае, неравномерность сил резания сглаживается, а во втором – усиливается.

В момент времени  $\tau_5$  обработка второго отверстия 13 завершается и осуществляется раздельная обработка первого отверстия 12. После выхода РИОР 4 из обрабатываемого отверстия АКТП снижается до уровня  $A_{xx}$  холостого вращения инструмента. В момент времени хода  $\tau_6$  производится оста-

новка вращения инструментов с последующим их выводом из обработанных отверстий.

При различных частотах вращения РИОР контроль АКТП осуществляется с использованием двух частотных фильтров. На рис. 3 представлены зоны допустимых значений АКТП (затемненные участки) при обработке на ОРС первого (а) и второго (б) параллельных отверстий РИОР, которые вращаются с различной частотой. Особенностью этапа совмещенной обработки первого отверстия является наличие периодических всплесков АКТП, связанных с одновременным срезанием режущими элементами наибольшего припуска.

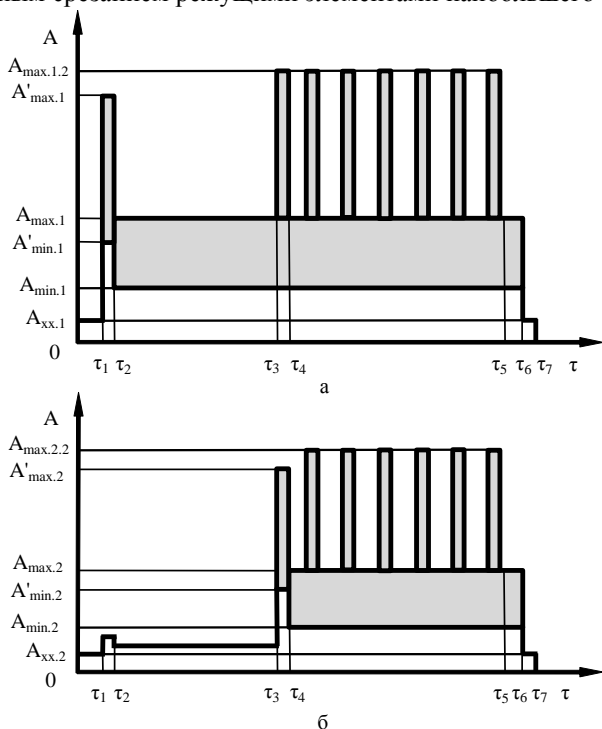


Рисунок 3 –Зоны допустимых значений АКТП при обработке на ОРС первого (а) и второго (б) параллельных отверстий РИОР, вращающихся с различной частотой

Предельные состояния ТС при прецизионном растачивании параллельно расположенных отверстий могут быть идентифицированы с помощью следующих условий:

$$A \leq A'_{\min.1}; \quad A \geq A'_{\max.1}; \quad A \leq A_{\min.1}; \quad A \geq A_{\max.1}; \quad A \geq A_{\max.1.2}; \quad (1)$$

$$A \leq A'_{\min.2}; \quad A \geq A'_{\max.2}; \quad A \leq A_{\min.2}; \quad A \geq A_{\max.2}; \quad A \geq A_{\max.2.2}, \quad (2)$$

где  $A$  – текущее АКТП при обработке параллельных отверстий,  $A$ ;  $A'_{\min.1}$ ,  $A'_{\max.1}$  и  $A'_{\min.2}$ ,  $A'_{\max.2}$  – предельные значения АКТП в момент врезания РИОР в первое (с индексом 1) и второе (с индексом 2) отверстия,  $A$ ;  $A_{\min.1}$ ,  $A_{\max.1}$  и  $A_{\min.2}$ ,  $A_{\max.2}$  – предельные значения АКТП в процессе обработки РИОР первого и второго отверстия,  $A$ ;  $A_{\max.1.2}$ ,  $A_{\max.2.2}$  – предельные значения АКТП в процессе совмещенной обработки первого и второго отверстия с различной частотой вращения РИОР,  $A$ .

Предельные значения АКТП определяются на основе статистической обработке опытных данных с обязательным сплошным контролем отклонения от параллельности отверстий. После введения в систему ЧПУ полученных предельных значения АКТП, сплошной контроль указанного параметра точности можно заменить на выборочный. При эксплуатации ОРС возможна, при необходимости, корректировка установленных предельных значений АКТП.

В результате исследований установлено, что непрямым контролем предельных состояний ТС на основе измерений АКТП эффективен при обработке параллельных отверстий диаметрами не менее 15 мм в стальных и чугунных заготовках. Применение предложенного метода непрямого контроля предельных состояний ТС при совмещенной обработке параллельных отверстий РИОР позволяет повысить эффективность операции.

**Выводы.** 1. Определена возможность оперативного выявления предельных состояний ТС при совмещенной обработке РИОР параллельных отверстий на основе контроля АКТП. 2. Применение предложенного непрямого контроля предельных состояний ТС целесообразно при совмещенном растачивании инструментами одностороннего резания параллельных отверстий диаметрами не менее 15 мм в стальных и чугунных заготовках на ОРС с ЧПУ.

**Список использованных источников:** 1. Линчевский П.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках / П.А. Линчевский, Т.Г. Джугурян, А.А. Оргиян. – К.: Техника. – 2001. – 300 с. 2. Джугурян Т.Г. Комбинированная обработка координированных отверстий. – Одесса: АО БАХВА, 2003. – 108 с. 3. Джугурян Т.Г. Экспресс оценка предельных состояний технологической системы в процессе растачивания соосных отверстий / Т.Г. Джугурян, В.С. Попов, Д.В. Ленский // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА, 2010. – Вип. 40. – С.64-70.

*Поступила в редколлегию 14.06.2011*

**Bibliography (transliterated):** 1. Linchevskij P.A. Obrabotka detalej na otdelочно-rastochnyh stankah / P.A. Linchevskij, T.G. Dzhugurjan, A.A. Orgijan. – K.: Tehnika. – 2001. – 300 s. 2. Dzhugurjan T.G. Kombinirovannaja obrabotka koordinirovannyh otverstij. – Odessa: AO BAHVA, 2003. – 108 s. 3. Dzhugurjan T.G. Jekspress ocenka predel'nyh sostojanij tehnologicheskoy sistemy v processe rastachivaniya soosnyh otverstij / T.G. Dzhugurjan, V.S. Popov, D.V. Lenskij // Visnik ODABA. – Odesa: ODABA, 2010. – Vip. 40. – S.64-70.